



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 32 849 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 01 G 9/00  
G 01 G 7/00  
G 01 G 11/04  
G 01 F 1/78

21 Aktenzeichen: P 44 32 849.4  
22 Anmeldetag: 15. 9. 94  
43 Offenlegungstag: 21. 3. 96

BEST AVAILABLE COPY

DE 44 32 849 A 1

71 Anmelder:  
Dynamit Nobel AG, 53840 Troisdorf, DE

72 Erfinder:  
Amann, Uwe, 53424 Remagen, DE

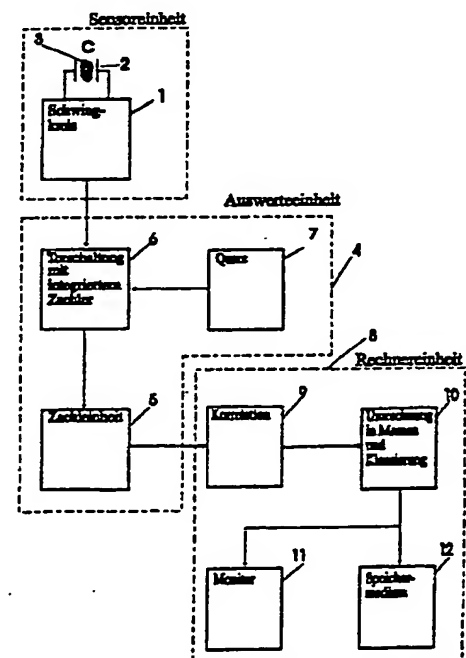
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 41 05 857 C2  
DE 42 27 922 A1  
DE 34 33 148 A1  
DE 29 39 406 A1  
US 44 61 363

NIEBUHR, Johannes;  
LINDNER, Gerhard: Physikalische Meßtechnik mit  
Sensoren, 3. Aufl., R. Oldenburg Ver-lag München  
Wien 1994, S. 116-117, 220-223;  
Kapazitiver Sensor für Füllstandsmessung in  
Kraft-fahrzeugen. In: Automobil-Industrie 6/91,  
S. 533- S. 536;

64 Massenbestimmung eines elektrisch nichtleitenden Körpers

57 Die Erfindung betrifft ein Meßverfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes mit einem Schwingkreis, dessen frequenzbestimmendes Teil ein Kondensator ist, in dessen Feldlinien ein elektrisch nichtleitendes Meßobjekt eingebracht wird, wobei die durch die dielektrische Eigenschaften hervorgerufene Änderung der Feldlinien eine Änderung der Schwingfrequenz des Schwingkreises hervorruft, und diese Änderung in einer Signalauswerteeinheit ausgewertet wird.  
Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß in der Signalauswerteeinheit (4) ein Zählglied (5) mit vorgeschalteter Torschaltung (6) und einem externen Zeitgeber (Quarz) (7) vorhanden ist,  
- mit dem entweder in einem vorgegebenen Zeitintervall die Anzahl der Oszillatorimpulse des Schwingkreises (1) ermittelt wird, oder  
- mit dem das Zeitintervall einer vorgegebenen Anzahl an Oszillatorimpulsen ermittelt wird  
und dieser Meßwert mit geeichten Werten umgerechnet wird, um daraus die Masse des Meßobjektes (3) zu bestimmen.



DE 44 32 849 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 01. 98 508 092/137

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie seine Verwendung.

Massenbestimmungen bzw. Gewichtsbestimmungen an Meßobjekten werden üblicherweise mit das Meßobjekt berührenden Meßverfahren durchgeführt. Das Meßobjekt wird dazu auf eine Wägefläche gelegt und sein Gewicht mit Hilfe üblicher Meßmethoden ermittelt.

Diese Messung kann nur langsam erfolgen, da ein Beruhigungsmoment abgewartet werden muß, bevor das Meßergebnis sicher ermittelt werden kann. Ein weiterer Nachteil der bekannten Methode liegt in einem erhöhten Verschleiß durch Bewegung mechanischer Komponenten. Das Handling der Meßobjekte gestaltet sich aufwendig, da diese zunächst abgelegt werden müssen, damit der Wägeprozeß ohne Störeinflüsse durchgeführt werden kann. Bei bekannten Bandwaagen fallen diese Nachteile nicht in diesem Maße ins Gewicht. Sie haben jedoch den Nachteil, daß durch Verschleiß und Verschmutzung erhöhte Fehleranfälligkeiten vorhanden sind. Die erreichbaren Taktzeiten sind bei beiden Verfahren vergleichsweise gering.

Für beide vorgeschriebenen Verfahren gilt, daß exakte Gewichtsermittlungen nur auf Kosten erhöhter Prüfzeiten möglich sind. Insbesondere bei der Bestimmung kleinster Gewichte sind Schutzmaßnahmen erforderlich, die den Einfluß von Luftbewegungen und Erschütterungen im Umfeld ausschalten. Eichungen bzw. Kalibrierungen sind aufwendig, kostenintensiv und müssen in Intervallen durchgeführt werden.

Endlosobjekte, wie z. B. Sprengschnüre oder Extrusionsprofile, können nur berührungslos durchgeführt werden. Hierfür ist ein radioaktives Meßverfahren bekannt. Das Gewicht bzw. auch der Füllgrad eines Meßobjektes (Sprengschnur) wird hierbei aus seinem radioaktiven Absorptionsgrad ermittelt.

Radioaktive Strahlung stellt jedoch eine Gefahr für den Menschen und die Umwelt dar. Die Betriebe sind verpflichtet, diese Meßmittel über einen Strahlenschutzbeauftragten regelmäßig kontrollieren zu lassen. Dies und die notwendigen administrativen Tätigkeiten sind mit erheblichen Kosten verbunden. Dies gilt auch für die Entsorgung eines Strahlers am Ende seiner Lebensdauer.

Es existieren auch optische Meßverfahren, bei denen die Dicke in zueinander versetzten Blickachsen gemessen wird und daraus das Gewicht berechnet wird. Optische Kontrollen können jedoch Lunker und Verschmutzungen im Inneren des Prüflings nicht erkennen. Sie sind deshalb z. B. für eine Qualitätskontrolle extrudierter Objekte nur bedingt geeignet.

Es gibt weiterhin noch berührungslose Dickenmeßverfahren (Wegmeßverfahren), z. B. der Fa. Micro-Epsilon Meßtechnik GmbH & Co. KG, Königbacher Str. 15, D 94496 Ortenburg, bei welcher die Dicke eines Meßobjektes mit Hilfe einer kapazitiven oder induktiven Meßanordnung bestimmt wird. Das Meßobjekt wird hierbei zwischen einem Meßsensor und einer feststehenden Metallplatte hindurchgeführt. Der Meßsensor besteht z. B. aus zwei koaxial angeordneten Elektroden (Kondensator), die frequenzbestimmende Teile eines Schwingkreises sind. Dem Schwingkreis ist eine Signalauswerteeinheit nachgeschaltet. Der Schwingkreis erzeugt über die zwei Elektroden ein elektrostatisches Wechselfeld, dessen Feldlinien das Meßobjekt durchdringend in die Metallplatte eindringen. Das Meßobjekt

dämpft durch sein dielektrisches Verhalten diese Feldlinien und ändert dadurch die Schwingfrequenz des Schwingkreises. Das hierdurch entstehende Ausgangssignal (Frequenz) wird in der nachgeschalteten Auswerteeinheit in ein Analogsignal umgewandelt, welches proportional zur Dicke ist.

Weiterhin existieren noch berührungslose Verfahren zur Füllstandsbestimmung von Flüssigkeiten in Behältnissen. Hierbei wird ein Elektrodenpaar entweder an der Außenseite des Behälters angebracht oder in die Flüssigkeit getaucht. Der Flüssigkeitsspiegel ändert die Kapazität des Elektrodenpaars. Die Auswertung geschieht adäquat dem vorgeschriebenen Verfahren. Ein Hinweis auf eine Massebestimmung ist jedoch in keinem dieser Verfahren angegeben.

Aus der DE-A1 34 09 679 ist ein Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes bekannt. Hierbei ist in einem Schwingkreis ein Kondensator als frequenzbestimmendes Teil angeordnet. Zur Bestimmung der Masse pro Längeneinheit eines Garns wird dieses durch den Kondensator hindurchgeführt. Durch die dielektrischen Eigenschaften des Garnmaterials wird eine Änderung der Feldlinien des Kondensators hervorgerufen, wodurch sich die Frequenz des Schwingkreises verändert. Diese Änderung der Frequenz wird als Phasenverschiebung in einer Signalauswerteeinheit gemessen und daraus die Masse berechnet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines elektrisch nicht leitenden Körpers anzugeben, mit dem berührungslos insbesondere kleinere Körper extrem genau vermessen werden können. Insbesondere sollen Sprengschnüre und diskrete Bauteile überprüft bzw. vermessen werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß in der Signalauswerteeinheit ein Zählglied mit vorgeschalteter Torschaltung und einem externen Zeitgeber (Quarz) vorhanden ist,

- mit dem entweder in einem vorgegebenen Zeitintervall die Anzahl der Oszillatorimpulse des Schwingkreises ermittelt wird, oder
- mit dem das Zeitintervall einer vorgegebenen Anzahl an Oszillatorimpulsen ermittelt wird

und dieser Meßwert mit geeichten Werten umgerechnet wird, um daraus die Masse des Meßobjektes zu bestimmen.

Die Kapazität eines Kondensators ist proportional zu der Masse des Meßobjektes, welche sich im Kondensator befindet und der Dielektrizitätskonstante des Meßobjektes. Bei gegebenen Geometrien des Kondensators ist die Kapazität bei konstanter Dielektrizitätskonstante direkt zur Masse des Meßobjektes proportional.

Der Kondensator ist Bestandteil eines Schwingkreises, und zwar dessen frequenzbestimmendes Teil. Das Schwingkreissignal (Oszillatorsignal) wird auf ein Zählglied geführt. Dieses Zählglied kann entweder hardwaremäßig oder softwaremäßig ausgeführt sein. Dieses Zählglied ermittelt entweder in einem vorgegebenen Zeitintervall die Anzahl der Oszillatorimpulse oder aber das Zeitintervall einer vorgegebenen Anzahl an Oszillatorimpulsen. Nach jedem Meßzyklus können die Meßwerte aus diesem Zählglied ausgelesen werden. Das Zählglied wird daraufhin rückgesetzt und wieder für die Aufnahme neuer Impulse freigegeben. Der besagte Meßwert repräsentiert aufgrund der Abhängigkeit der Schwingkreisfrequenz direkt das Gewicht bzw. die Mas-

se des Meßobjektes.

Diese Vorgehensweise bietet verschiedene Vorteile:

- Das Signal kann in seinem Informationswert ohne Leitungsverluste übertragen werden.
- Es entstehen keine Umwandlungsfehler.
- Eine Linearisierung kann einfach programmtechnisch realisiert werden.
- Es entstehen keine Langzeitdrifts bzw. Abweichungen.
- Einfacher Aufbau der Eingangsstufen

#### Detailbeschreibung Kalibrierung

Aufgrund verschiedener bekannter Unzulänglichkeiten von elektronischen Bauelementen ist es denkbar, daß es innerhalb des Schwingkreises zu Frequenzverschiebungen/driften kommt. Um diese zu eliminieren, werden zwischen den Meßvorgängen Kalibrierschritte durchgeführt, die eine Langzeitstabilität des Systems gewährleisten. Das System erkennt entweder durch entsprechende Sensoren oder (falls möglich) aus seinem eigenen Meßsignal, daß sich kein Meßobjekt innerhalb des aktiven Bereiches im Sensorkopf (Kondensator) befindet, und liest im nächsten Schritt ein neues Nullsignal ein, welches nun wiederum zur Berechnung der neuen Meßergebnisse dient. Eine Kalibrierung kann extern durch Prüfnormale mit entsprechender Bewertung sowie intern durch den Rechner erfolgen.

Durch diese Vorgehensweise sind (abhängig von der Meßzykluszeit) Gewichtsbestimmungen bzw. Massebestimmungen bis erheblich besser als 0,5 Milligramm möglich.

Soll ein neues Meßobjekt bestehend aus einem anderen Material gewogen werden, so ist eine einfache Neueichung von Hand durch entsprechendes Einlernen auf dieses neue Material möglich.

Vor Beginn einer Messung bzw. einer Meßreihe wird das Meßgerät mit einer vorher bestimmten Masse geeicht. Diese Prüfmasse sollte dieselbe Dielektrizitätskonstante wie das spätere Meßobjekt haben.

Bevorzugt ist der Kondensator ein Plattenkondensator. Das Meßobjekt befindet sich während der Messung zwischen den Platten des Plattenkondensators.

Durch die dielektrischen Eigenschaften des Meßobjektes wird die Kapazität des Kondensators und damit die des angeschlossenen Schwingkreises verändert. Diese Änderung der Frequenz ist direkt proportional zur Masse des Meßobjektes. Da Frequenzmessungen äußerst genau durchzuführen sind, ist diese Massebestimmung extrem genau. Aufgrund der extrem kurzen Meßdauer ist eine Massebestimmung im schnellen Durchlauf bis hin zum freien Fall möglich.

Wie schon erwähnt, wird die Änderung der Schwingfrequenz des Schwingkreises bzw. Oszillators durch die dielektrischen Eigenschaften des Meßobjektes in einer Signalauswerteeinheit ausgewertet. Diese Auswertung kann analog oder digital erfolgen. Bevorzugt wird hierfür ein Rechner bzw. Computer verwendet.

Aufgrund verschiedener physikalischer Effekte ist das Oszillatorsignal nicht linear abhängig vom Gewicht bzw. der Masse des Meßobjektes. Zur Ermittlung genauer Meßergebnisse muß es somit linearisiert werden. Diese Linearisierung kann sowohl hardwaremäßig in einer externen Baugruppe oder mit Hilfe geeigneter Programmroutinen innerhalb des Rechners erfolgen.

Erfindungsgemäß wird daher vorteilhafterweise der Meßwert über polynomiale Regressionsverfahren in

einen Massewert umgerechnet.

Selbstverständlich kann das Signal des Oszillators dem Rechner sowohl analog als auch digital zur Verfügung gestellt werden. Bei analoger Auswertung muß es vor der Bearbeitung im Rechner zunächst digitalisiert werden. Dies geschieht mit Hilfe üblicher Signalwandler.

Besonders vorteilhaft läßt sich das Meßverfahren nach dem Stand der Technik, wie auch das der vorliegenden Erfindung zur Bestimmung bzw. Überprüfung der Masse von Sprengschnüren verwenden. Bei Sprengschnüren ist eine hohe Meßgenauigkeit erforderlich. Außerdem muß die Messung berührungslos erfolgen.

Genauso zweckmäßig ist auch die Messung von diskreten Bauteilen, wie Pillen, Kapseln etc. Diese diskreten Bauteile können vorteilhafterweise im freien Fall durch den Kondensator geführt werden.

Folgende Vorteile zeigt dieses Verfahren zur Messung der Masse eines Meßobjektes:

1. Sehr kurze Meßzyklen (ms Bereich)
2. Selbstkalibrierung
3. Wartungsunempfindlichkeit
4. Hohe Meßgenauigkeit (Reproduzierbarkeit)
5. Berührungslose Abtastung des Prüflings (auch thermisch belastete, plastische, pulverige Objekte können gemessen werden).
6. Erkennung von Lunkern, Verjüngungen, Verdickungen, Fremdeinschlüssen und Verschmutzungen, Füllgradfehler, Schwachstellen usw. können erkannt werden.
7. Lageunabhängigkeit des Prüfkopfes.

Als mögliche Anwendungen sind zu nennen:

- Feststellung auf Vollständigkeit von Inhalten wie z. B. Kapseln, Tabletten und Pillen
- Feststellung von Wirkstoffmengen in geschlossenen auch undurchsichtigen Behältnissen
- Dosierung pulverförmiger Materialien
- Korngrößenüberwachungen z. B. Kunststoffgranulate
- Bestimmungen von Rohstoffrestfeuchtigkeiten
- Überprüfung von erhitzten Materialien wie Extrusionsprofile usw.
- Ermittlung von Lunkern, Einschnürungen, Verdickungen
- Massen- und Dickenbestimmungen von Folien mit hoher Geschwindigkeit im Durchlauf
- Füllstandshöhe flüssiger Materialien in Behältnissen wie Ampullen
- Zählautomaten mit nachgeschalteten Sortiereinrichtungen
- Füllgradmessungen wie z. B. Tabak in Zigaretten
- Durchflußüberwachungen auf Blasenfreiheit

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der einzigen Figur eingehend erläutert.

Ein Meßkondensator 2 ist frequenzbestimmendes Element eines Schwingkreises 1. Die Frequenz des Schwingkreises 1 ist direkt vom Faradwert des Kondensators 2 abhängig. Je mehr Masse das zu untersuchende Objekt 3 besitzt, desto größer ist der Wert des Kondensators und desto kleiner die Schwingfrequenz.

Das resultierende Oszillatorsignal wird in einer Auswerteeinheit 4 auf eine Torschaltung 6 gegeben. Die

Torschaltung 6 beinhaltet einen Zähler, der die beiden nachfolgend beschriebenen Auswerteverfahren ermöglicht, d. h. das Tor für eine voreinstellbare Anzahl von Impulsen geöffnet hält. Es existieren zwei Möglichkeiten der Auswertung:

1. Die Torschaltung 6 gibt während einer voreinstellbaren Anzahl von Oszillatorimpulsen das Tor für einen angeschlossenen Quarz 7 frei.
2. Die Torschaltung 6 gibt während einer voreinstellbaren Anzahl von Impulsen des Quarzes 7 das Tor für den angeschlossenen Oszillator 1 frei.

Die Ausgangssignale der Torschaltung 6 (bei dem obengenannten Punkt 1 sind das Quarzimpulse, bei dem obengenannten Punkt 2 sind das Oszillatorimpulse) gelangen daraufhin in eine Zähleinheit bzw. ein Zählglied 5, in der sie aufsummiert werden. Der Zählerstand der Zähleinheit 5 wird zum Ende eines Meßzyklus in den Rechner 8 eingelesen.

Dort erfolgt zunächst eine Korrelation 9 mittels polynominaler Regression. Der resultierende Meßwert wird nun mittels voreinstellbarer Grenzwerte 10 klassiert und über eine Anzeigeeinheit (Monitor) 11 ausgegeben. Zugleich erfolgt eine Sicherung der Meßergebnisse auf einem entsprechenden Medium 12 (z. B. Festplatte).

Die Geometrien des Meßkondensators 2 müssen so ausgelegt werden, daß die Feldverteilung innerhalb des Meßraumes möglichst homogen wird. Dies sichert eine hohe Meßgenauigkeit und Auflösung der Anordnung.

Die Durchführung mit Hilfe von digitalen Zählschaltungen eliminiert Meßungenauigkeiten durch Wandlungsfehler und Bauteilabhängigkeiten. Das System stellt selbständig fest, wenn sich kein Meßobjekt im Meßraum befindet und eicht sich daraufhin eigenständig während des Betriebes ein.

Es lassen sich Meßzykluszeiten (abhängig von der geforderten Meßauflösung) von kleiner als 1 ms erreichen.

Typische Abmessungen des Meßobjektes liegen im Bereich 20 x 20 mm Querschnittsfläche. Die Länge ist nicht relevant, d. h. es können auch endlose Prüfobjekte gemessen werden.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung dieses Meßverfahrens für die Überprüfung bzw. Messung der Masse von Sprengschnüren, bzw. den Füllgrad von Endlosobjekten. Es lassen sich jedoch ebenso gut diskrete Meßobjekte, wie z. B. Pillen, Kapseln etc., mit hoher Geschwindigkeit messen.

#### Patentansprüche

1. Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes mit einem Schwingkreis (Oszillator) (1), dessen frequenzbestimmendes Teil ein Kondensator (2) ist, in dessen Feldlinien ein elektrisch nichtleitendes Meßobjekt (3) eingebracht wird, wobei die durch die dielektrischen Eigenschaften hervorgerufene Änderung der Feldlinien eine Änderung der Schwingfrequenz des Schwingkreises hervorruft, und diese Änderung in einer Signalauswerteeinheit (4) ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß in der Signalauswerteeinheit (4) ein Zählglied (5) mit vorgeschalteter Torschaltung (6) und einem externen Zeitgeber (Quarz) (7) vorhanden ist,

— mit dem entweder in einem vorgegebenen Zeitintervall die Anzahl der Oszillatorimpulse

des Schwingkreises (1) ermittelt wird, oder — mit dem das Zeitintervall einer vorgegebenen Anzahl an Oszillatorimpulsen ermittelt wird und dieser Meßwert mit geeichten Werten umgerechnet wird, um daraus die Masse des Meßobjektes (3) zu bestimmen.

2. Meßverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßwert über polynomiale Regressionsverfahren in einen Massewert umgerechnet wird.

3. Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes mit einem Schwingkreis (Oszillator) (1), dessen frequenzbestimmendes Teil ein Kondensator (2) ist, in dessen Feldlinien ein elektrisch nichtleitendes Meßobjekt (3) eingebracht wird, wobei die durch die dielektrischen Eigenschaften hervorgerufene Änderung der Feldlinien eine Änderung der Schwingfrequenz des Schwingkreises hervorruft, und diese Änderung in einer Signalauswerteeinheit (4) ausgewertet wird, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Bestimmung bzw. Überprüfung der Masse von Sprengschnüren verwendet wird.

4. Meßverfahren zur Bestimmung der Masse eines Meßobjektes mit einem Schwingkreis (Oszillator) (1), dessen frequenzbestimmendes Teil ein Kondensator (2) ist, in dessen Feldlinien ein elektrisch nichtleitendes Meßobjekt (3) eingebracht wird, wobei die durch die dielektrischen Eigenschaften hervorgerufene Änderung der Feldlinien eine Änderung der Schwingfrequenz des Schwingkreises hervorruft, und diese Änderung in einer Signalauswerteeinheit (4) ausgewertet wird, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Bestimmung der Masse von diskreten Meßobjekten (3) verwendet wird.

5. Meßverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die diskreten Meßobjekte (3) im freien Fall durch den Kondensator (2) geführt werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

